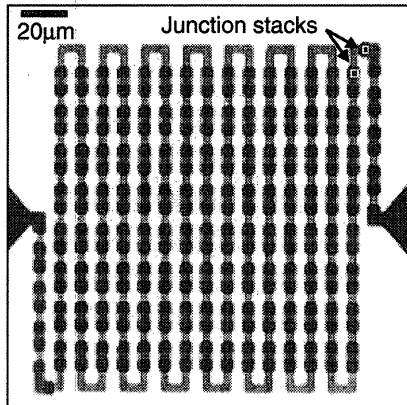


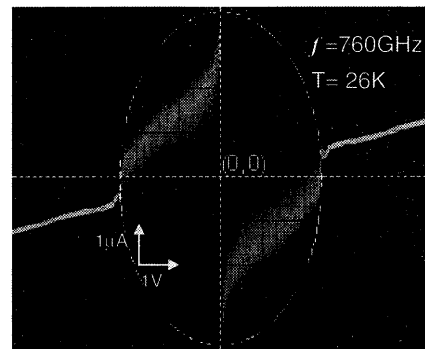
超伝導を利用した高速, 低消費電力, 高感度電子デバイスとシステム(7項 超伝導コンピューティングデバイス研究分野)(1節 ブレインコンピューティング研究部門)(第3章 研究活動)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	9
ページ	21-22
発行年	2003-07
URL	http://hdl.handle.net/10097/30302

超伝導コンピューティングデバイス研究分野

超伝導を利用した高速，低消費電力，
高感度電子デバイスとシステム

256個の固有ジョセフソン接合スタックを含む接合アレイの顕微鏡写真



256個の固有ジョセフソン接合スタックアレイに760GHzの高周波を照射したときに観測される多数のゼロ交差電流ステップ

<本研究分野の目標>

人間の脳の優れた情報処理能力を人工的に実現しようとする上で必要となるこれまでにない大規模かつ高密度の人工集積回路には，高速性はもちろん熱発生の極端に少ない演算素子が求められる。また，人工神経回路の規範となる，脳の機能には未解明な点が多く残されており，脳機能障害等を的確に診断する上からも，脳の神経活動を高精度に計測することが求められている。

超伝導体を利用した演算デバイスは，電気抵抗が無いいため非常に低消費電力でしかも高速であることが確かめられている。また，超伝導体を利用した磁気計測デバイスは脳の神経活動によって発生する極めて微弱な磁気(脳磁界)を検出する能力を持っている。

本分野では，脳神経活動を計測可能な超高感度超伝導磁気計測デバイスの研究を行うとともに人工脳ともいえるべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力超伝導演算デバイスおよび超伝導デバイスの高速・高感度性を利用した高周波デバイスの研究を行う。

<本研究分野の研究成果>

パルス管冷凍機と可変磁場永久磁石を組み合わせた実験装置を試作し，Bi-2212単結晶上に作製した固有ジョセフソン接合を用いてその磁束フロー動作を検証した。パルス管冷凍機によって44 Kまで冷却された固有ジョセフソン接合に最大で1Tの外部磁場を印加して，その磁場応答特性を測定した。磁場の方向は十分な精度で接合面に合わせることが可能であり，平行磁場を印加することによって電圧-電流特性上に接合中を伝播する複数の電磁波モードとの速度整合によるステップ構造が観測された。また，速度整合ステップの電圧位置から見積もられた磁束フロー速度は，理論的に予想される値と良く一致した。

高温超伝導粒界ジョセフソン接合は，高速応答と高感度という特性を有しており，

テラヘルツ帯域の検出器としての応用が期待されている。本分野では、高温超伝導粒界ジョセフソン接合に、高周波(RF)信号を広帯域準光学系を通して検出器へ導入し、得られた高周波応答にヒルベルト変換を施すことでRF信号スペクトルを簡便に得るシステムを開発し、4.252THzまでのRF信号を十分な感度で高速に検出できることを実証した。

高温超伝導体の結晶構造に由来する固有ジョセフソン効果は、高速集積デバイスにつながる材料機能性として注目を集めている。本分野では、高温超伝導単結晶を両面から加工することを開発し、アレイ化及び高周波回路との集積化に成功した。作製されたデバイスは、理論通りの特性が得られ、その高周波応答特性はTHz領域に達することを実証した。

<職員>

教授 山下 努 (1991年より)
 助教授 中島 健介 (1993年より)
 助教授 陳 健 (1998年より)
 助教授 王 華兵 (2001年より)

<山下努教授プロフィール>

1939年(昭14)4月11日(64歳)生まれ、専門=電子デバイス工学、電子材料工学。研究分野=超伝導エレクトロニクスと超伝導材料。最終学歴=東北大学博士課程・電子工学専攻、1963年修了。工学博士<東北大学>1969年。学位論文「ジョセフソン素子に関する研究」。学会=応用物理学会、電子情報通信学会、電気学会。略歴=電気通信研究所助手を経た後、長岡技術科学大学電気系教授を歴任。南京大学電子科学技術系客員教授。現在、東北大学未来科学技術共同研究センター及び電気通信研究所教授。著書「超伝導回路」共立出版(1981)、「薄膜ハンドブック」オーム社(1983)、「ジョセフソン効果の物理と応用」近代科学社(1988)、「高温超伝導科学」裳華房(1998)、新潟日報文化賞受賞(1985)、超伝導科学技術賞(2001)。

<主な発表論文>

- 1) J. Chen, H. Horiguchi, H. B. Wang, K. Nakajima, T. Yamashita, and P. H. Wu, Terahertz frequency metrology based on high-Tc Josephson junctions, Superconductor Science and Technology, Vol. 15, pp.1680-1684, 2002.
- 2) Y. Mizugaki, J. Chen, K. Nakajima and T. Yamashita, Single-flux-quantum pump based on a three-junction superconducting quantum interference device, Appl. Phys. Lett., Vol.80, No.24, pp.4585-4587, 2002.
- 3) H. B. Wang, P. H. Wu, J. Chen, K. Maeda and T. Yamashita Three-dimensional arrays of BiSrCaCO-2212 intrinsic Josephson junctions and zero-crossing Shapiro steps at 760GHz, Appl. Phys. Lett., Vol.80, No.9, pp.1604-1606, 2002.
- 4) H. B. Wang, L. X. You, J. Chen, P. H. Wu and T. Yamashita, Observation of Shapiro steps and spectroscopic applications of stacked intrinsic Josephson junctions up to terahertz region, Superconductor Science and Technology, Vol.15, pp.90-93, 2002.
- 5) P. H. Wu, H. B. Wang, J. Chen, and T. Yamashita, The propagation of electromagnetic wave in a stack of superconducting layers, Superconductor Science and Technology, Vol.15, pp.364-369, 2002.
- 6) S.-J. Kim, J. Chen, K. Nakajima, T. Yamashita, S. Takahashi and T. Hatano, Magnetic field dependence of micromachined Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x} intrinsic Josephson junctions with submicro loop, J. Appl. Phys., Vol.91, No.10, pp.8494-8497, 2002.
- 7) Y. Mizugaki, J. Chen, K. Nakajima and T. Yamashita, Quantum transitions and zero-cross current-steps in a SQUID controlled by multi-phase RF fields, Physica C, Vol.372-376, pp.274-277, 2002.
- 8) H.B. Wang, K. Maeda, J. Chen, P. H. Wu and T. Yamashita, Three-dimensional array of intrinsic Josephson junctions in Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x} single crystals, Physica C, Vol.372-376, pp.327-330, 2002.
- 9) K.Inomata, T. Kawae, and K. Nakajima and T. Yamashita, Junction parameter control of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x} stacked junctions by annealing, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.82, No.5. pp.769-771, 2002
- 10) K. Inomata, T. Kawae, S-J. Kim, K. Nakajima, T. Yamashita, M. Nagao, H. Madea, Carrier density control of Bi-2212 whiskers, Physica C, Vol.372-376, pp.335-338, 2002.